

## Arquitetura Bioclimática: Avaliação Pós Ocupação (APO) em escola pública estadual

## Bioclimatic architecture: Post-Occupational Assessment (APO) in existing high school

*Tales Gonçalves Visentin(1); Grace Tibério Cardoso(2); Letiane Benincá(3)*

1 Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo. Faculdade Meridional IMED, Passo Fundo, RS – Brasil.

E-mail: [tales.visentin@aiesec.net](mailto:tales.visentin@aiesec.net)

2 Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental - EESC-USP (2015). Docente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Arquitetura e Urbanismo da IMED (PPGARQ-IMED). E-mail: [<grace.cardoso@imed.edu.br>](mailto:grace.cardoso@imed.edu.br).

3 Mestrado em Arquitetura e Meio Ambiente pela Universitat Politècnica de Catalunya em Barcelona (2012).  
Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil. Docente dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da IMED. E-mail: [<letiane.beninca@imed.edu.br>](mailto:letiane.beninca@imed.edu.br).

**Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, vol. 6, n. 1, p. 49-61, Jan.-Jun., 2017 - ISSN 2318-1109

DOI: <http://dx.doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v6n1p49-61>

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui! / click here!](#)

## Resumo

Este artigo discute princípios da Arquitetura Bioclimática, a partir da Avaliação Pós-Ocupação (APO) com ênfase no conforto ambiental de salas de aula em uma escola de Ensino Médio estadual, na cidade de Passo Fundo-RS. A avaliação Pós-Ocupação (APO) estuda o ambiente construído durante a sua utilização, ou seja, quando vem a ser um espaço vivenciado e sentido. Os dados relacionados ao conforto ambiental e à percepção dos usuários foram coletados em seis salas de aula durante o período diurno (manhã e tarde). Para avaliação da percepção dos usuários dentro das salas de aula, foram aplicados questionários aos alunos e professores, com tópicos sobre a satisfação com o ambiente, sensações térmicas, e sugestões para melhoria na escola. Os resultados comprovaram a necessidade de readequação das salas de aula, devido principalmente à tipologia e disposição das aberturas externas (janelas), pois os índices de ruídos ultrapassaram os valores aceitáveis e normativos para um uso confortável do ambiente escolar.

**Palavras-chave:** Arquitetura bioclimática. Conforto ambiental. Avaliação Pós-Ocupação.

## Abstract

This paper discusses the principles of Bioclimatic Architecture from the Post-Occupancy Evaluation (POE) with emphasis on the environmental comfort of classrooms in existing high school in the city of Passo Fundo, RS, Brazil. The Post-Occupancy Evaluation (POE) studies the built environment during its use, that is, when it becomes a lived and felt space. Data related to environmental comfort and user perception were collected in six classrooms during the daytime (morning and afternoon). To evaluate the perception of the users within the classrooms, questionnaires were applied to students and teachers, with topics on satisfaction with the environment, thermal sensations, and suggestions for improvement in school. The results confirmed the need for readjustment of the classrooms, mainly due to the typology and arrangement of the external openings (windows), since the noise indexes exceeded the acceptable and normative values for a comfortable use of the school environment.

**Keywords:** Bioclimatic architecture. Environmental comfort. Post-Occupancy Assessment.

## 1 Introdução

Seguindo o fluxo global que rema em direção ao desenvolvimento sustentável, se torna necessário empreender em questões como aproveitamento da luz solar, ventilação natural e uso sustentável de recursos naturais. A instalação ou investimentos em obras públicas sustentáveis devem ser consideradas não apenas como paradigmas sócio ambientais, mas também, como espaço de aprendizagem didática e inspirar novos projetos, sejam eles, residenciais, institucionais, urbanos ou educacionais.

Neste sentido, estudos de APO buscam uma crítica à realidade de determinado local, urbano ou edificação, com relação aos aspectos técnicos, físicos, funcionais e comportamentais, a partir de medições e verificações *in loco*, e da percepção dos usuários a partir destes mesmos aspectos.

Os resultados permitem aos pesquisadores diagnosticarem a situação do ambiente construído e proporem soluções a curto, médio ou longo prazos, visto que estes espaços deveriam passar por contínuos programas de manutenção e adequação às necessidades dos usuários.

Quando se fala em harmonia no ambiente construído, o aspecto mais relevante, em princípio, é em relação ao conforto ambiental, que pode ser atingido mediante observações de normas pertinentes, que propõem soluções projetuais levando em consideração o clima, o entorno e os materiais que serão empregados Corbella e Yannas (2003). No caso de edificações escolares, Mendell e Heath (2005) afirmam que a adequação ambiental é de extrema importância, uma vez que o aprendizado e práticas pedagógicas fluem com mais facilidade e concentração em ambientes térmica e acusticamente confortáveis.

Questões como implantação, direção dos ventos predominantes e condições climáticas precisam ser consideradas na fase de projeto, pois influenciarão nas condições de conforto térmico, lumínico e acústico. O ambiente escolar deve ser projetado para garantir o máximo de conforto com relação à temperatura, vento, umidade, proporcionar condições ideais de visão e iluminação, natural ou artificial, qualidade acústica por meio de materiais isolantes que protejam de ruídos externos, para garantir estabilidade estrutural da edificação, salubridade e higiene, segurança, entre outros.

Neste sentido, a Avaliação Pós-Ocupação (APO) concentra ferramentas que avaliam o ambiente construído de forma integral, ou seja, o conforto ambiental, questões estruturais e de segurança, funcionalidade e acessibilidade, entre outros (ORNSTEIN; ROMERO, 1992). A correta análise e cruzamento das informações resultantes das diferentes ferramentas, garante um diagnóstico sobre as reais condições do local e proporciona aos profissionais e pesquisadores informações para melhorias a curto, médio e longo prazo.

Tendo essa visão renovadora, no sentido de questionar a eficácia do processo de ensino atualmente nas escolas públicas, relacionando o conforto acústico e térmico dos espaços educacionais atuais, esta contribuição científica torna-se importante pois se utiliza de métodos e práticas técnicas de avaliação pós ocupacional (APO) em uma escola secundarista de valor emblemático para a história da cidade, com o objetivo primário de avaliar o conforto acústico e térmico nas salas de aula em questão. Para em seguida, levantar propostas arquitetônicas viáveis de readequação ambiental, tornando os ambientes confortáveis, influenciando mudanças positivas no processo educacional e formação de cidadãos.

## 2 Objeto de estudo

A arquitetura Bioclimática está relacionada diretamente com práticas sustentáveis, como o aproveitamento da luz e ventilação naturais, já que os elementos climáticos têm influência direta sobre o ambiente construído (CARDOSO; VECCHIA, NECKEL, 2016). Portanto, segundo os autores Becker, Goldberg e Paciuk (2007), podem existir divergências entre os valores medidos no ambiente construído e os preditos para cada zona de conforto, devido à influência das condições meteorológicas locais (CARDOSO; VECCHIA, 2014).

### 2.1 A cidade

Passo Fundo, ao norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, possui clima Subtropical, com verões quentes e úmidos, e invernos frios e úmidos. O mês mais quente do ano é janeiro com uma temperatura média de 22.1 °C (EMBRAPA TRIGO, 2016).

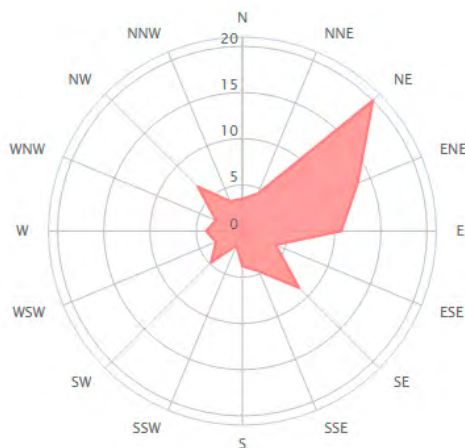
De acordo com a norma ABNT NBR 15220 (2005), Passo Fundo - RS está localizada na zona bioclimática 2, que determina, de forma geral, que as edificações favoreçam o aquecimento solar passivo e o acúmulo de energia pela inércia térmica dos materiais das envolturas internas, com entrada de sol no período de inverno, e apenas ventilação cruzada no verão (ABNT NBR 15575, 2013). Para este último aspecto, conhecer a direção e a velocidade dos ventos predominantes é de extrema importância para garantir eficiência na ventilação e renovação do ar no interior da edificação.

A seguir, na figura 1 são apresentados alguns estudos estatísticos sobre os ventos na cidade de Passo Fundo - RS. Os estudos foram realizados pelo site Windfinder, baseados em observações feitas entre Novembro de 2012 e Agosto de 2016, diariamente das 7 horas às 19 horas.

Conforme os dados da tabela, nota-se que a direção de vento predominante durante o ano é de Nordeste, tendo uma velocidade que varia entre 10km/h e 12km/h. Lamberts, Dutra e Pereira (2016) aconselham para a zona Bioclimática 2, na qual se

encontra a edificação escolar em questão, fazer um estudo para aumentar a exposição às brisas do verão, e proteger dos ventos frios oriundos da direção Sul. Deve-se orientar corretamente no terreno e usar recursos aplicáveis à concepção da forma arquitetural.

**Figura 1.** Dados baseados em observações feitas entre 11/2012 – 08/2016  
diariamente das 7 am às 7 pm, hora local



Distribuição da direção do vento (em %)

Fonte: Windfinder, previsões e medições

Mês do ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direção dominante do vento	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Probabilidade de vento $\geq$ 4 Beaufort (%)	34	36	34	33	37	37	44	47	40	45	49	34	39
Velocidade média do vento (kts)	10	10	10	10	10	11	11	12	11	11	12	10	10
Temp. média do ar. (°C)	25	24	22	21	17	14	14	17	18	20	23	24	19

Fonte: Windfinder, previsões e medições.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2016), técnicas construtivas podem ser usadas para garantir uma boa acústica e ao mesmo tempo facilitar a ventilação, como, por exemplo, as venezianas, cobogós e outros elementos vazados. Criar fluxo ascendente para eliminação do ar quente também é um recurso inteligente, neste caso pode-se usar lanternins, aberturas no telhado, zenitais, exaustores, ou outras aberturas. No caso da cidade de Passo Fundo-RS, esses elementos devem ter opção de fechamento no inverno.

## 2.2 A escola

A edificação educacional escolhida para pesquisa foi o Instituto Estadual Cecy Leite Costa, inaugurada no dia 10 de junho de 1965, tendo mais de 50 anos de atuação em Passo Fundo. Trata-se de uma escola pública, estadual, de fomento ao ensino médio e alguns cursos técnicos, cada qual desenvolvido em blocos diferenciados nas dependências do instituto estadual.



Localizada na área central da cidade (Figura 2), possui seu acesso principal pela avenida Presidente Vargas (Figura 3), considerada uma via arterial para a malha urbana, por ter ligação com a Avenida Brasil (via central da cidade) e com a RS 324, e acaba servindo como acesso à cidade para as pessoas vindas das cidades de Marau, Vila Maria, Casca, entre outras. Por possuir alto fluxo veicular, essa avenida é uma das principais fontes de ruído prejudicial ao desempenho e concentração dos alunos e professores.

**Figura 2.** Localização, blocos e dependências Cecy Leite Costa (tracejado em vermelho, bloco educacional analisado)



Fonte: elaborado pelos autores.

**Figura 3.** Blocos e dependências



Fonte: elaborado pelos autores

Na figura 3, observa-se a delimitação do terreno no lote, e a proximidade do bloco onde foram realizadas as avaliações técnicas (em vermelho) com a avenida Presidente Vargas. Em laranja, estão as demais edificações, salas auxiliares, lancheria/bar, cobertura da quadra de futsal, e o popular “Redondão” onde ocorrem aulas de educação física no primeiro pavimento, e cursos técnicos noturnos nos demais pavimentos superiores. Algo marcante à primeira vista, são as massas verdes e a praça arborizada no canteiro em frente à instituição de ensino (figura 4). Na figura 5 é possível perceber algumas características internas comuns das salas analisadas, como as esquadrias, texturas e cores internas.

O bloco educacional principal possui três pavimentos, sendo o primeiro de recepção, tendo o espaço destinado às salas auxiliares, bar/lancheria, sala de professores, auditório, diretoria e serviço. No segundo e terceiro pavimentos estão as salas de aula, que possuem janelas voltadas para a fachada norte da edificação e corredor interno para o lado sul. A escolha das salas analisadas foi de acordo com a forma da edificação em relação ao terreno, sendo duas salas localizadas nos dois extremos do bloco, e uma sala com posição central na edificação, conforme pode ser observado nas plantas esquemáticas dos segundo e terceiro pavimentos, na figura 6.

**Figura 4.** Fachada colaborativa do Google Street View



Fonte: Google Street View.

**Figura 5.** Fotografias internas das salas analisadas



Fonte: elaborado pelos autores.

Após a análise in loco, foi notado que as salas de aula possuem uma configuração espacial retangular, repetida em todas as salas, a configuração dos segundo e terceiro pavimentos apenas se diferenciam por possuir na sala do canto leste, uma biblioteca e laboratório de informática, respectivamente.

**Figura 6.** Configuração espacial repetida 2 e 3 pavimento (salas analisadas em laranja)



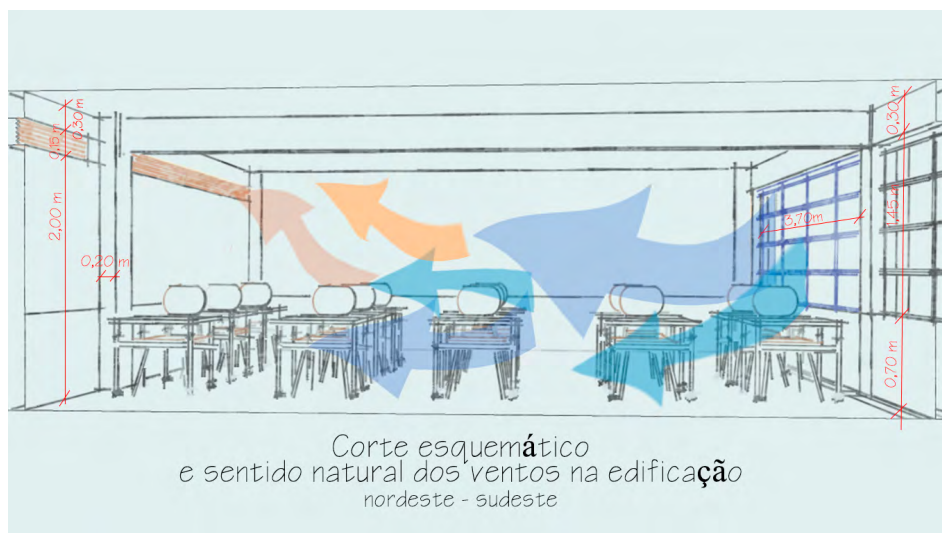
Fonte: elaborado pelos autores.

**Figura 7.** Configuração retangular padronizada das salas de aula



Fonte: elaborado pelos autores.



**Figura 8.** Representação espacial da sala de aula

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Nas figuras 7 e 8, foram representadas, após medição in loco, e utilização de softwares 3D, a tipologia espacial das salas de aula da escola Cecy, com dimensões reais, e representação dos ventos predominantes da região, salientando que, para que ocorra a ventilação natural, é necessário que as esquadrias, dutos de ventilação, venezianas, tenham dimensões adequadas para que a pressão atmosférica possa fluir naturalmente.

### 3 Materiais e Métodos

Para a avaliação pós-ocupação das salas de aula dos 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> pavimentos da escola em relação ao conforto acústico, foram realizadas medições in loco, nos quatro cantos de cada sala, com auxílio de um decibelímetro digital, modelo MSL-1355B, para medição da quantidade de ruídos.

Os mesmos pontos foram utilizados para medição da temperatura interna do ar e umidade relativa, com um psicrômetro digital, modelo ITHT-2600, e também a velocidade do vento com um anemômetro digital modelo H004-226, para avaliar as condições de conforto térmico dos ambientes em questão.

Paralela às avaliações acústicas e térmicas, foram aplicados questionários sobre a percepção dos usuários (alunos e professores) sobre o ambiente escolar, em relação ao conforto ambiental, com intenção de descobrir as principais sensações que as cores da sala transmitem, e como a acústica, tipologia das janelas influenciam pensamentos inconscientes que podem, ou não, prejudicar seu desempenho e interesse nas aulas.

As medições e aplicação dos questionários foram realizadas nos períodos manhã e tarde, durante o período letivo no mês de novembro.

## 4 Resultados e Discussões

Considerando a norma NBR10152 (1987), recomenda que os níveis acústicos em salas de aula, devam estar na faixa de 35 a 45dB, e a norma NR17 (1990), ressalta que, o nível de ruído indicado por elas não se refere ao máximo suportado pelo ouvido humano, mas sim um nível suficiente para não desviar ou atrapalhar a atenção/concentração.

Na figura 8 são resumidos esquematicamente o nível de ruídos nos quatro cantos extremos das salas de aula, e em destaque no centro do desenho das salas, a média desses valores. A partir dos dados coletados in loco, ficou constatado que os níveis de ruído nas salas de aula em estudo ultrapassam os recomendados pelas normas, variando de 59 dB a 75dB. Também ficou nítido que os valores obtidos no segundo pavimento são maiores que os registrados no terceiro, evidenciando que a massa verde composta pelas árvores na fachada principal da escola não diminui suficientemente os ruídos provenientes da avenida Presidente Vargas, para se obter um ambiente confortável, sendo necessário levantar novas propostas de revestimento, como jardins verticais, por exemplo.

**Figura 8.** Dados relativos à acústica, temperatura e umidade das salas de aula



Fonte: elaborado pelos autores.

Com relação ao conforto térmico, o psicrômetro digital registrou temperaturas internas do ar médias em torno de 24,36° e umidade relativa superior a 50% no período da manhã, horário onde a fachada principal recebe maior insolação por estar no sentido leste, e no período da tarde, a umidade se manteve com uma média de 45%.

Com relação ao fluxo de ar nos ambientes, em todas as salas de aula a velocidade dos ventos se manteve em 0,00 m/s, pois as janelas permaneceram fechadas em quase todos os períodos, por opção própria dos alunos, que alegaram sentir desconforto dos ventos nas cortinas. Porém, durante a análise nas salas de aulas 204 e 207 do terceiro pavimento, as janelas foram mantidas abertas, e a velocidade dos ventos continuaram constantes no valor de 0,00 m/s. A provável justificativa para este valor, é devido ao fato das aberturas internas nas salas de aula, que dão para o corredor, não serem suficientes para gerar um fluxo de ar mais adequado, além do posicionamento das salas de aula no terreno não ser favorável aos ventos predominantes. Portanto, a ventilação cruzada nas salas de aula está prejudicada nos períodos de verão, que é a recomendação mais importante das normas para a zona bioclimática 2.

## 4.2 Análise da Percepção do Usuário

Analizando os 146 questionários respondidos, foi possível identificar as principais percepções de alunos e professores em relação ao conforto ambiental nas salas de aula. Sobre a intensidade de ruídos, apenas 15% dos alunos consideram a sala de aula confortável, sendo que 85% responderam sentir desconforto e desconcentração durante as aulas. A principal queixa destes alunos foi em relação aos ruídos vindos de salas próximas, dos corredores e do trânsito, o que justifica a necessidade de fechar janelas e portas para que tenham uma boa compreensão auditiva durante as aulas. No entanto, isso dificulta a renovação do ar pela ventilação natural, aumenta a temperatura interna do ar, e pode causar mofo.

A elaboração do questionário teve o intuito de despertar a percepção sensorial dos alunos, para/com as janelas, cores e textura da sala de aula. Ao serem questionados sobre a sensação que o tamanho e altura das janelas lhes causava: 12 % dos alunos(as) assinalaram que se sentem presos na sala, 19 % se sentem inspirados com a paisagem lá fora, 25 % alegaram se sentir livres para pensar, e 29% dos alunos(as) se sentiram com vontade de sair da aula.

Sobre a sensação que a sala de aula transmite, levando em consideração as cores das paredes, 7 % dos alunos alegaram que as cores deixam a sala mais quente, 21 % acham que a sala fica mais fria, 5 % alegam que as cores deixam a sala mais feliz, contra 51 % dos alunos(as), que consideram a sala mais triste por suas cores.

## 5 Considerações Finais

As análises elaboradas e discutidas neste artigo deixam claro a situação que, muitas escolas públicas estaduais, e até municipais, se encontram atualmente no Brasil. Os resultados obtidos por meio da análise pós-ocupação (APO) comprovaram

a necessidade de readequação ambiental das escolas públicas, e estão guiando as próximas etapas desse projeto de pesquisa, que se estenderá em propor intervenções arquitetônicas sustentáveis para melhorar os ambientes escolares, em parceria com a prefeitura para melhorar a qualidade do ensino.

### *Agradecimento*

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, na modalidade PIBIC.



## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

BECKER, R.; GOLDBERG, I.; PACIUK, M. Improving Energy Performance of School Buildings While Ensuring Indoor Air Quality Ventilation. **Building and Environment**, Lausanne, v. 42, n. 9, p. 3261-3276, 2007.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F.; NECKEL, A.; Climatology Applied To Architecture: An Experimental Investigation about Internal Temperatures Distribution at Two Test Cells. **Int. Journal of Engineering Research and Applications**, Vol. 6, Issue 4, (Part - 2) April 2016, p. 07-13.

CARDOSO, G. T.; VECCHIA, F. Comparison of thermal performance between test cells with different coverage systems for experimental typical day of heat in Brazilian Southeastern. **Frontiers of Architectural Research**, 3, 271–282, 2014. doi: 10.1016/j.foar.2014.04.007

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro, Revan, 2003, 287 p.

EMBRAPA. **Clima de Passo Fundo**. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima\\_de\\_Passo\\_Fundo.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/Clima_de_Passo_Fundo.pdf)>. Acesso em: 13 Jan. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2016.

MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, v. 15, p. 27-52, 2005.

ORSTEIN, S.; BRUNA, G.; ROMERO, M. **Ambiente Cosntruído e Comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Studio Nobel, FAU-USP, FUPAM, 1995.

WINDFINDER. **Estatísticas de ventos & condições atmosféricas**. Disponível em: <[https://pt.windfinder.com/windstatistics/passou\\_fundo\\_aeroporto](https://pt.windfinder.com/windstatistics/passou_fundo_aeroporto)>. Acesso em: 15 Jan. 2016.